

DOCKET NO.: 259683US2PCT

#2

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Akira UMEDA

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HEREWITH

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP03/04130

INTERNATIONAL FILING DATE: March 31, 2003

FOR: ACCELERATION SENSOR CALIBRATION AND EVALUATION METHOD AND APPARATUS

**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**Commissioner for Patents
Alexandria, Virginia 22313

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

COUNTRY
Japan**APPLICATION NO**
2002-097189**DAY/MONTH/YEAR**
29 March 2002

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. PCT/JP03/04130. Receipt of the certified copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully submitted,
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak
Attorney of Record
Registration No. 24,913
Surinder Sachar
Registration No. 34,423

Customer Number
22850

(703) 413-3000
Fax No. (703) 413-2220
(OSMMN 08/03)

PATENT COOPERATION TREATY

RECEIVED

PCT JUL - 2. 2003
FUKUDA PATENT OFFICE
TOKYO

From the INTERNATIONAL BUREAU

NOTIFICATION CONCERNING
SUBMISSION OR TRANSMITTAL
OF PRIORITY DOCUMENT

(PCT Administrative Instructions, Section 411)

To:

FUKUDA, Kenzo
Kashiwaya Bldg. 2F
6-13, Nishishinbashi 1-chome
Minato-ku, Tokyo 105-0003
Japan

Date of mailing (day/month/year) 17 June 2003 (17.06.03)	
Applicant's or agent's file reference 6711	IMPORTANT NOTIFICATION
International application No. PCT/JP03/04130	International filing date (day/month/year) 31 March 2003 (31.03.03)
International publication date (day/month/year) Not yet published	Priority date (day/month/year) 29 March 2002 (29.03.02)
Applicant NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY et al	

- The applicant is hereby notified of the date of receipt (except where the letters "NR" appear in the right-hand column) by the International Bureau of the priority document(s) relating to the earlier application(s) indicated below. Unless otherwise indicated by an asterisk appearing next to a date of receipt, or by the letters "NR", in the right-hand column, the priority document concerned was submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b).
- This updates and replaces any previously issued notification concerning submission or transmittal of priority documents.
- An asterisk(*) appearing next to a date of receipt, in the right-hand column, denotes a priority document submitted or transmitted to the International Bureau but not in compliance with Rule 17.1(a) or (b). In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.
- The letters "NR" appearing in the right-hand column denote a priority document which was not received by the International Bureau or which the applicant did not request the receiving Office to prepare and transmit to the International Bureau, as provided by Rule 17.1(a) or (b), respectively. In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

Priority date	Priority application No.	Country or regional Office or PCT receiving Office	Date of receipt of priority document
29 Marc 2002 (29.03.02)	2002-097189	JP	06 June 2003 (06.06.03)

The International Bureau of WIPO
34, chemin des Colombettes
1211 Geneva 20, Switzerland

Authorized officer

Farid ABBOU

Facsimile No. (41-22) 338.80.90

Telephone No. (41-22) 338 8169

10/509580
Rec'd PTO 29 SEP 2004
JP03/04136

20.05.03 #2

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日
Date of Application:

2002年 3月29日

REC'D 06 JUN 2003

出願番号
Application Number:

特願2002-097189

WIPO PCT

[ST.10/C]:

[JP2002-097189]

出願人
Applicant(s):

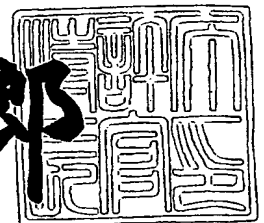
独立行政法人産業技術総合研究所

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 5月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3033511

Best Available Copy

【書類名】 特許願

【整理番号】 310-01615

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B 5/00

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

 【氏名】 梅田 章

【特許出願人】

 【識別番号】 301021533

 【氏名又は名称】 独立行政法人産業技術総合研究所

 【代表者】 吉川 弘之

 【電話番号】 0298-61-3280

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 加速度センサの校正評価方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 金属棒側面に歪ゲージを貼ると共に端面に校正評価を行う加速度センサを固定し、

複数の飛翔体を金属棒の他端面に所定時間間隔をもって衝突させて金属棒内部に弾性波パルスが発生させ、

前記金属棒の他端面で発生した弾性波パルスが前記加速度センサを固定した端面に到達し反射する過程で発生する前記端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度を前記加速度センサ及び歪ゲージの入力信号とし、

前記いずれかの入力信号を前記加速度センサと歪ゲージとで計測し、

前記歪ゲージの計測値を演算することにより加速度を求め、

前記演算した加速度と前記加速度センサの出力とを比較することにより該加速度センサの校正評価を行うことを特徴とする加速度センサの校正評価方法。

【請求項 2】 前記歪ゲージの計測値の演算と共に、弾性波理論に基づいて歪ゲージ出力に誤差補正を行うことを特徴とする請求項 1 記載の加速度センサの校正評価方法。

【請求項 3】 金属棒端面に校正評価を行う加速度センサを固定し、

前記金属棒端面にレーザ光を照射するレーザ干渉計を配置し、

複数の飛翔体を金属棒の他端面に所定時間間隔をもって衝突させて金属棒内部に弾性波パルスが発生させ、

前記金属棒の他端面で発生した弾性波パルスが前記加速度センサを固定した端面に到達し反射する過程で発生する前記端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度を前記レーザ干渉計及び前記加速度センサの入力信号とし、

前記いずれかの入力信号を前記加速度センサとレーザ干渉計とで計測し、

前記レーザ干渉計の計測値を演算することにより加速度を求め、

前記演算した加速度と前記加速度センサの出力とを比較することにより該加速度センサの校正評価を行うことを特徴とする加速度センサの校正評価方法。

【請求項 4】 金属棒側面に歪ゲージを貼ると共に端面に校正評価を行う加

速度センサを固定し、

前記金属棒端面にレーザ光を照射するレーザ干渉計を配置し、

複数の飛翔体を金属棒の他端面に所定時間間隔をもって衝突させて金属棒内部に弾性波パルスが発生させ、

前記金属棒の他端面で発生した弾性波パルスが前記加速度センサを固定した端面に到達し反射する過程で発生する前記端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度を前記歪ゲージ及び前記レーザ干渉計並びに前記加速度センサの入力信号とし、

前記いずれかの入力信号を前記歪ゲージと前記加速度センサと前記レーザ干渉計とで計測し、

前記歪ゲージの計測値を演算することにより加速度を求め、

前記レーザ干渉計の計測値により前記歪ゲージの動特性に関する補正関数を用いて前記歪ゲージの演算により求めた加速度を補正し、

前記補正した加速度と前記加速度センサの出力とを比較することにより該加速度センサの校正評価を行うことを特徴とする加速度センサの校正評価方法。

【請求項5】 前記歪ゲージの計測値の演算と共に、弾性波理論に基づいて前記歪ゲージ出力に誤差補正を行うことを特徴とする請求項4記載の加速度センサの校正評価方法。

【請求項6】 前記加速度センサの校正評価は、加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能のいずれかの機能に関する、前記加速度センサのゲイン-周波数特性、位相-周波数特性、またはピーク感度のいずれかを測定することを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価方法。

【請求項7】 前記歪ゲージを金属棒の側面に軸線方向に複数枚貼り、

各歪ゲージの出力に対して、軸線方向の貼り付け位置の相違による位相の違いを波動伝播理論に基づいて一点での計測結果に変換することにより歪ゲージ信号のノイズを低減させる信号処理を行うことを特徴とする請求項1、2、4、5、6項のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価方法。

【請求項8】 側面に歪ゲージを貼り、端面に校正評価を行う加速度センサ

を固定した金属棒と、

複数の飛翔体を前記金属棒の他端面に所定時間間隔をもって衝突させて金属棒内部に弾性波パルスが発生させる飛翔体発射手段と、

前記加速度センサ及び前記歪ゲージは、前記飛翔体の衝突により発生した弾性波パルスが、前記加速度センサを固定した端面に到達し反射する過程で発生する前記端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを入力信号として該信号を計測するものであり、

前記歪ゲージの計測値を演算することにより加速度を求め、前記演算した加速度と前記加速度センサの出力とを比較することにより該加速度センサの校正評価を行う校正評価手段を備えたことを特徴とする加速度センサの校正評価装置。

【請求項 9】 前記歪ゲージの計測値の演算と共に、弾性波理論に基づいて歪ゲージ出力に誤差補正を行う演算手段を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の加速度センサの校正評価装置。

【請求項 10】 端面に校正評価を行う加速度センサを固定した金属棒と、

前記金属棒端面にレーザ光を照射するレーザ干渉計と、

複数の飛翔体を前記金属棒の他端面に所定時間間隔をもって衝突させて金属棒内部に弾性波パルスが発生させる飛翔体発射手段と、

前記加速度センサ及び前記レーザ干渉計は、前記飛翔体の衝突により発生した弾性波パルスが、前記加速度センサを固定した端面に到達し反射する過程で発生する前記端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを入力信号として該信号を計測するものであり、

前記レーザ干渉計の計測値を演算することにより加速度を求め、前記演算した加速度と前記加速度センサの計測値とを比較することにより該加速度センサの校正評価を行う校正評価手段を備えたことを特徴とする加速度センサの校正評価装置。

【請求項 11】 側面に歪ゲージを貼り、端面に校正評価を行う加速度センサを固定した金属棒と、

前記金属棒端面にレーザ光を照射するレーザ干渉計と、

複数の飛翔体を前記金属棒の他端面に所定時間間隔をもって衝突させて金属棒

内部に弾性波パルスが発生させる飛翔体発射手段と、

前記加速度センサ及び前記歪ゲージ並びに前記加速度センサは、前記飛翔体の衝突により発生した弾性波パルスが、前記加速度センサを固定した端面に到達し反射する過程で発生する前記端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを入力信号として該信号を計測するものであり、

前記歪ゲージの計測値を演算することにより加速度を求め、前記レーザ干渉計の計測値により前記歪ゲージの動特性に関する補正関数を用いて前記歪ゲージの演算により求めた加速度を補正し、前記補正した加速度と前記加速度センサの出力とを比較することにより該加速度センサの校正評価を行う校正評価手段を備えたことを特徴とする加速度センサの校正評価装置。

【請求項 1 2】 前記歪ゲージの計測値の演算と共に、弾性波理論に基づいて歪ゲージ出力に誤差補正を行う演算手段を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の加速度センサの校正評価装置。

【請求項 1 3】 前記加速度センサの校正評価手段は、加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能のいずれかの機能に関する、加速度センサのゲイン - 周波数特性、位相 - 周波数特性、またはピーク感度のいずれかを測定することを特徴とする請求項 8 乃至請求項 1 2 のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価装置。

【請求項 1 4】 前記歪ゲージは金属棒の側面に軸線方向に複数枚貼ったものであり、

各歪ゲージの出力に対して、軸線方向の貼り付け位置の相違による位相の違いを波動伝播理論に基づいて一点での計測結果に変換し、該変換結果により歪ゲージ信号のノイズを低減させる信号処理を行うノイズ低減手段を備えたことを特徴とする請求項 8、9、11、12、13 項のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価方法。

【請求項 1 5】 前記歪ゲージは金属棒の側面に軸線方向に複数枚配置したものを更に円周方向に複数組配置して貼ったものであることを特徴とする請求項 1 4 に記載の加速度センサの校正評価装置。

【請求項 1 6】 前記複数の歪ゲージの出力に対して、軸線方向の貼り付け

位置の相違による位相の違いを波動伝播理論に基づいて一点での計測結果に変換することにより歪ゲージ信号のノイズを低減させる信号処理手段を備えたことを特徴とする請求項15に記載の加速度センサの校正評価装置。

【請求項17】 前記飛翔体発射手段は、発射管の内部と外部に配した同心円状の複数の飛翔体を備えたことを特徴とする請求項8乃至請求項16のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価装置。

【請求項18】 前記発射管は同心円状の多重の発射管とし、中心の発射管内部と各発射管の間隙に同心円状の複数の飛翔体を備えたことを特徴とする請求項17に記載の加速度センサの校正評価装置。

【請求項19】 前記飛翔体発射手段は、複数の飛翔体を所定時間間隔で独立して発射させる発射制御装置を備えたことを特徴とする請求項17に記載の加速度センサの校正評価装置。

【請求項20】 前記発射管の表面に飛翔体との摩擦を低減する表面処理を施したことを特徴とする請求項17に記載の加速度センサの校正評価装置。

【請求項21】 前記金属棒は丸棒であることを特徴とする請求項8乃至請求項21のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価装置。

【請求項22】 前記飛翔体先端に飛翔体本体と異なる材料の部材を設けて飛翔体を積層構造とし、前記飛翔体が衝突する金属棒内部に発生する弾性波パルスの周波数帯域を調整することを特徴とする請求項8乃至請求項21のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価装置。

【請求項23】 弾性波伝播理論のスカラクの解析解によって端面に入射する弾性波パルスの歪みから、歪ゲージへの入力となる過渡歪み信号を求める際に、スカラクの解析解の少なくとも1次の項、または更に精度を上げるためにスカラクの解析解の高次の項までをも用いることを特徴とする請求項8乃至請求項22のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価装置。

【請求項24】 前記金属棒の他端面に金属球を接触させ、飛翔体を該金属球に衝突させることを特徴とする請求項8乃至請求項23のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば車両衝突時の安全性検査のため、或いはロボット、輸送機器、原子力発電関連諸機器、船舶、宇宙航空機器等で発生する衝撃加速度を検出するための加速度センサを、正確且つ容易に評価するための、加速度センサの校正評価方法及びその方法を実施する装置に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

加速度センサのうち、例えば車両衝突時の安全性検査のため、或いはロボット、輸送機器、原子力発電関連諸機器、船舶、宇宙航空機器等で発生する衝撃加速度を検出するために衝撃加速度センサが広く用いられている。このような衝撃加速度センサの校正評価を行うに際しては、従来は加速度センサを一次元振動台に設置し、振動台の運動をレーザ干渉計で測定する手法が最も信頼性の高い手法とみなされ、一次標準として用いられてきた。しかしながら、この評価手段では高加速度を発生することができず、また寄生横振動の影響が存在して不正確な評価とならざるを得ない。

【 0 0 0 3 】

また、このような衝撃加速度センサの校正評価を行う際に、衝撃加速度を発生させる装置が必要であり、そのため従来は、1本の発射管から金属製飛翔体を発射させて金属棒端面に衝突させ、この金属棒の他端面に加速度センサを取り付け、前記金属棒端面に衝突した飛翔体によって内部に発生した弾性波パルスが、加速度センサを取りつけた金属棒の他端面で反射する際に発生する衝撃加速度によって加速度センサの周波数特性を評価する手法が本件出願人により提案されている。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

衝撃加速度を評価するための上記の手法では、単に一本の発射管から金属製飛翔体を発射させて金属棒に衝突させるのみであるので、継続的な衝撃加速度を発生させることができず、特に発生時間を制御できないことから、発生させる衝撃

加速度の継続時間が短か過ぎたり、周波数帯域が広すぎるという欠点があった。

【0005】

したがって本発明は、衝撃加速度を検出する加速度センサの動的応答特性評価に際して、従来の振動台を用いた評価手法の前記問題点を解決し、更に、衝撃加速度波形、周波数帯域幅を自由に制御することが可能な加速度センサの校正評価方法及び装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題を解決するため、請求項1に係る発明においては、金属棒端面に歪ゲージを貼ると共に端面に校正評価を行う加速度センサを固定し、複数の飛翔体を金属棒の他端面に所定時間間隔をもって衝突させて金属棒内部に弾性波パルスが発生させ、前記金属棒の他端面で発生した弾性波パルスが前記加速度センサを固定した端面に到達し反射する過程で発生する前記端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度を前記加速度センサ及び歪ゲージの入力信号とし、前記いずれかの入力信号を前記加速度センサと歪ゲージとで計測し、前記歪ゲージの計測値を演算することにより加速度を求め、前記演算した加速度と前記加速度センサの出力とを比較することにより該加速度センサの校正評価を行うことを特徴とする加速度センサの校正評価方法としたものである。

【0007】

また、請求項2に係る発明は、前記歪ゲージの計測値の演算と共に、弾性波理論に基づいて歪ゲージ出力に誤差補正を行うことを特徴とする請求項1記載の加速度センサの校正評価方法としたものである。

【0008】

また、請求項3に係る発明は、金属棒端面に校正評価を行う加速度センサを固定し、前記金属棒端面にレーザ光を照射するレーザ干渉計を配置し、複数の飛翔体を金属棒の他端面に所定時間間隔をもって衝突させて金属棒内部に弾性波パルスが発生させ、前記金属棒の他端面で発生した弾性波パルスが前記加速度センサを固定した端面に到達し反射する過程で発生する前記端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度を前記レーザ干渉計及び前記加速度センサの入力信号とし、前

記いずれかの入力信号を前記加速度センサとレーザ干渉計とで計測し、前記レーザ干渉計の計測値を演算することにより加速度を求め、前記演算した加速度と前記加速度センサの出力とを比較することにより該加速度センサの校正評価を行うことを特徴とする加速度センサの校正評価方法としたものである。

【0009】

また、請求項4に係る発明は、金属棒側面に歪ゲージを貼ると共に端面に校正評価を行う加速度センサを固定し、前記金属棒端面にレーザ光を照射するレーザ干渉計を配置し、複数の飛翔体を金属棒の他端面に所定時間間隔をもって衝突させて金属棒内部に弾性波パルスが発生させ、前記金属棒の他端面で発生した弾性波パルスが前記加速度センサを固定した端面に到達し反射する過程で発生する前記端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度を前記歪ゲージ及び前記レーザ干渉計並びに前記加速度センサの入力信号とし、前記いずれかの入力信号を前記歪ゲージと前記加速度センサと前記レーザ干渉計とで計測し、前記歪ゲージの計測値を演算することにより加速度を求め、前記レーザ干渉計の計測値により前記歪ゲージの動特性に関する補正関数を用いて前記歪ゲージの演算により求めた加速度を補正し、前記補正した加速度と前記加速度センサの出力とを比較することにより該加速度センサの校正評価を行うことを特徴とする加速度センサの校正評価方法としたものである。

【0010】

また、請求項5に係る発明は、前記歪ゲージの計測値の演算と共に、弾性波理論に基づいて前記歪ゲージ出力に誤差補正を行うことを特徴とする請求項4記載の加速度センサの校正評価方法としたものである。

【0011】

また、請求項6に係る発明は、前記加速度センサの校正評価は、加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能のいずれかの機能に関する、前記加速度センサのゲイン-周波数特性、位相-周波数特性、またはピーク感度のいずれかを測定することを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価方法としたものである。

【0012】

また、請求項7に係る発明は、前記歪ゲージを金属棒の側面に軸線方向に複数枚貼り、各歪ゲージの出力に対して、軸線方向の貼り付け位置の相違による位相の違いを波動伝播理論に基づいて一点での計測結果に変換することにより歪ゲージ信号のノイズを低減させる信号処理を行うことを特徴とする請求項1、2、4、5、6項のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価方法としたものである。

【0013】

また、請求項8に係る発明は、側面に歪ゲージを貼り、端面に校正評価を行う加速度センサを固定した金属棒と、複数の飛翔体を前記金属棒の他端面に所定時間間隔をもって衝突させて金属棒内部に弾性波パルスが発生させる飛翔体発射手段と、前記加速度センサ及び前記歪ゲージは、前記飛翔体の衝突により発生した弾性波パルスが、前記加速度センサを固定した端面に到達し反射する過程で発生する前記端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを入力信号として該信号を計測するものであり、前記歪ゲージの計測値を演算することにより加速度を求め、前記演算した加速度と前記加速度センサの出力とを比較することにより該加速度センサの校正評価を行う校正評価手段を備えたことを特徴とする加速度センサの校正評価装置としたものである。

【0014】

また、請求項9に係る発明は、前記歪ゲージの計測値の演算と共に、弾性波理論に基づいて歪ゲージ出力に誤差補正を行う演算手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の加速度センサの校正評価装置としたものである。

【0015】

また、請求項10に係る発明は、端面に校正評価を行う加速度センサを固定した金属棒と、前記金属棒端面にレーザ光を照射するレーザ干渉計と、複数の飛翔体を前記金属棒の他端面に所定時間間隔をもって衝突させて金属棒内部に弾性波パルスが発生させる飛翔体発射手段と、前記加速度センサ及び前記レーザ干渉計は、前記飛翔体の衝突により発生した弾性波パルスが、前記加速度センサを固定した端面に到達し反射する過程で発生する前記端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを入力信号として該信号を計測するものであり、前記レー

ザ干渉計の計測値を演算することにより加速度を求め、前記演算した加速度と前記加速度センサの計測値とを比較することにより該加速度センサの校正評価を行う校正評価手段を備えたことを特徴とする加速度センサの校正評価装置としたものである。

【0016】

また、請求項11に係る発明は、側面に歪ゲージを貼り、端面に校正評価を行う加速度センサを固定した金属棒と、前記金属棒端面にレーザ光を照射するレーザ干渉計と、複数の飛翔体を前記金属棒の他端面に所定時間間隔をもって衝突させて金属棒内部に弾性波パルスが発生させる飛翔体発射手段と、前記加速度センサ及び前記歪ゲージ並びに前記加速度センサは、前記飛翔体の衝突により発生した弾性波パルスが、前記加速度センサを固定した端面に到達し反射する過程で発生する前記端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを入力信号として該信号を計測するものであり、前記歪ゲージの計測値を演算することにより加速度を求め、前記レーザ干渉計の計測値により前記歪ゲージの動特性に関する補正関数を用いて前記歪ゲージの演算により求めた加速度を補正し、前記補正した加速度と前記加速度センサの出力とを比較することにより該加速度センサの校正評価を行う校正評価手段を備えたことを特徴とする加速度センサの校正評価装置としたものである。

【0017】

また、請求項12に係る発明は、前記歪ゲージの計測値の演算と共に、弾性波理論に基づいて歪ゲージ出力に誤差補正を行う演算手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の加速度センサの校正評価装置としたものである。

【0018】

また、請求項13に係る発明は、前記加速度センサの校正評価手段は、加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能のいずれかの機能に関する、加速度センサのゲイン-周波数特性、位相-周波数特性、またはピーク感度のいずれかを測定することを特徴とする請求項8乃至請求項12のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価装置としたものである。

【0019】

また、請求項 1 4 に係る発明は、前記歪ゲージは金属棒の側面に軸線方向に複数枚貼ったものであり、各歪ゲージの出力に対して、軸線方向の貼り付け位置の相違による位相の違いを波動伝播理論に基づいて一点での計測結果に変換し、該変換結果により歪ゲージ信号のノイズを低減させる信号処理を行うノイズ低減手段を備えたことを特徴とする請求項 8、9、1 1、1 2、1 3 項のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価方法としたものである。

【 0 0 2 0 】

また、請求項 1 5 に係る発明は、前記歪ゲージは金属棒の側面に軸線方向に複数枚配置したものを更に円周方向に複数組配置して貼ったものであることを特徴とする請求項 1 4 に記載の加速度センサの校正評価装置としたものである。

【 0 0 2 1 】

また、請求項 1 6 に係る発明は、前記複数の歪ゲージの出力に対して、軸線方向の貼り付け位置の相違による位相の違いを波動伝播理論に基づいて一点での計測結果に変換することにより歪ゲージ信号のノイズを低減させる信号処理手段を備えたことを特徴とする請求項 1 5 に記載の加速度センサの校正評価装置としたものである。

【 0 0 2 2 】

また、請求項 1 7 に係る発明は、前記飛翔体発射手段は、発射管の内部と外部に配した同心円状の複数の飛翔体を備えたことを特徴とする請求項 8 乃至請求項 1 6 のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価装置としたものである。

【 0 0 2 3 】

また、請求項 1 8 に係る発明は、前記発射管は同心円状の多重の発射管とし、中心の発射管内部と各発射管の間隙に同心円状の複数の飛翔体を備えたことを特徴とする請求項 1 7 に記載の加速度センサの校正評価装置としたものである。

【 0 0 2 4 】

また、請求項 1 9 に係る発明は、前記飛翔体発射手段は、複数の飛翔体を所定時間間隔で独立して発射させる発射装置を備えたことを特徴とする請求項 1 7 に記載の加速度センサの校正評価装置としたものである。

【 0 0 2 5 】

また、請求項 2 0 に係る発明は、前記発射管の表面に飛翔体との摩擦を低減する表面処理を施したことを特徴とする請求項 1 7 に記載の加速度センサの校正評価装置としたものである。

【 0 0 2 6 】

また、請求項 2 1 に係る発明は、前記金属棒は丸棒であることを特徴とする請求項 8 乃至請求項 2 1 のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価装置としたものである。

【 0 0 2 7 】

また、請求項 2 2 に係る発明は、前記飛翔体先端に飛翔体本体と異なる材料の部材を設けて飛翔体を積層構造とし、前記飛翔体が衝突する金属棒内部に発生する弾性波パルスの周波数帯域を調整することを特徴とする請求項 8 乃至請求項 2 1 のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価装置としたものである。

【 0 0 2 8 】

また、請求項 2 3 に係る発明は、弾性波伝播理論のスカラクの解析解によって端面に入射する弾性波パルスの歪みから、歪ゲージへの入力となる過渡歪み信号を求める際に、スカラクの解析解の少なくとも 1 次の項、または更に精度を上げるためにスカラクの解析解の高次の項までも用いることを特徴とする請求項 8 乃至請求項 2 1 のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価装置としたものである。

【 0 0 2 9 】

また、請求項 2 4 に係る発明は、前記金属棒の他端面に金属球を接触させ、飛翔体を該金属球に衝突させることを特徴とする請求項 8 乃至請求項 2 3 のいずれか一つに記載の加速度センサの校正評価装置としたものである。

【 0 0 3 0 】

【発明の実施の形態】

本発明は種々の態様によって実施することができるが、図 1 に示す実施例においては、金属棒 1 の第 1 端面 2 に後述するような飛翔体 3 を衝突させて衝撃を加え、内部に弾性波パルスを発生させるものであり、その際、 n ($n = 1 \cdots N$ 、最内側を 1、最外側を N) 重になっており、図示実施例では中心発射管 4、中間発

射管 5、外側発射管 6 の 3 重の多重発射管 7 を用い、この多重発射管 7 から n ($n = 1 \cdots N$ 、最内側を 1、最外側を N) 個の多重の飛翔体 3 を発射させる。

【0031】

図示実施例では中心発射管 4 の内部から略円筒状の第 1 飛翔体 8 を第 1 発射装置 9 により、また中心発射管 4 と中間発射管 5 との間の環状空間から環状の第 2 飛翔体 10 を第 2 発射装置 11 により、更に中間発射管 5 と外側発射管 6 との間の環状空間から環状の第 3 飛翔体 12 を第 3 発射装置 13 により各々独立して発射できるようにしている。この発射の状態はレーザー光源 27 からのレーザーを金属棒 1 の前方において、2 本間隔を設けて照射し、このレーザー光を遮る状態を受光素子 28、28 で検出し、その時間差をカウンタ 29 によって計測し、そのデータをパソコン 26 に入力して検出することができる。

【0032】

発射装置 14 からの上記各飛翔体の発射に際しては、弁開閉制御装置 15 により第 1 弁 16 を解放し、第 1 高圧空気源 17 からの高圧空気を第 1 発射装置 9 に供給することにより、中心発射管 4 内の第 1 飛翔体 8 を金属棒 1 の第 1 端面 2 に向けて発射させる。第 1 飛翔体 8 が金属棒 1 の第 1 端面 2 に衝突すると、金属棒 1 内には図 2 (a) に示すような衝撃加速度の波形が発生して金属棒 1 内を伝播する。

【0033】

また、弁開閉制御装置 15 により前記第 1 弁 16 の解放後の所定時間 $\alpha 1$ の後に第 2 弁 18 を解放し、第 2 高圧空気源 19 からの高圧空気を第 2 発射装置 11 に供給することにより、中心発射管 4 と中間発射管 5 との間に配置した環状の第 2 飛翔体 10 を金属棒 1 の第 1 端面 2 に向けて発射させる。第 2 飛翔体 10 が金属棒 1 の第 1 端面 2 に衝突すると、金属棒 1 内には図 2 (b) に示すような衝撃加速度の波形が前記第 1 飛翔体 8 の衝突による波形の発生に対して $\alpha 1$ の時間遅れで発生し金属棒 1 内を伝播する。

【0034】

同様に、弁開閉制御装置 15 により前記第 1 弁 16 の解放後の所定時間 $\alpha 2$ の後に第 3 弁 20 を解放し、第 3 高圧空気源 21 からの高圧空気を第 3 発射装置 1

3に供給することにより、中間発射管5と外側発射管26との間に配置した環状の第3飛翔体12を金属棒1の第1端面2に向けて発射させる。第3飛翔体12が金属棒1の第1端面2に衝突すると、金属棒1内には図2(c)に示すような衝撃加速度の波形が前記第1飛翔体8の衝突による波形の発生に対して α 2の時間遅れで発生し金属棒1内を伝播する。

【0035】

このようにして金属棒1内に発生した各衝撃加速度の波形により、金属棒1内には図2(d)の実線で示すような合成衝撃加速度の波形が生じることとなり、この波形が金属棒1の第2端面22に対して伝播する。このように、飛翔体を複数用い、各飛翔体の発射時期を任意に設定することにより、重ね合わせの原理により全体として所定の継続時間の衝撃加速度波形を発生することが可能となる。

【0036】

なお、図示実施例においては3重の発射管を用い、3個の飛翔体を用いた例を示したが、本発明は2個の飛翔体から更により多くのn個の飛翔体を、前記と同様の態様で使用することができる。これらの発射管4、5、6の各飛翔体8、10、12との接触面、または各飛翔体の外周面には潤滑処理、或いは低摩擦係数化する表面処理層を設けることが好ましい。

【0037】

個々の飛翔体の発射により金属棒1内部に発生する弾性波パルスの周波数帯域を狭くするために、飛翔体先端部に高分子材料、プラスチック、木材などを取り付けても良い。その際には、飛翔体本体部が金属、高分子材料、あるいはプラスチック、木材など異なる材料との積層構造をもつような多重飛翔体を用いても良い。

【0038】

上記のような金属棒1の第1端面2において発生した弾性波パルスは、金属棒1内部を伝播してもう一方の第2端面22に到達して反射する。反射の過程で発生する端面に垂直な方向の衝撃加速度が、その端面に取りつけた校正対象である加速度センサ23への入力となる。また、衝撃加速度の精密な測定は歪ゲージ25、またはレーザ干渉計24により、更には必要に応じて両方を用いることによ

り測定し、加速度センサ 23 の計測値と比較を行う。

【0039】

発生する衝撃加速度の検出に際して棒側面に貼り付けた歪ゲージ 25 を用いる際には、歪ゲージ 25 を単体で実施することができるが、金属棒の軸線方向に一行に複数配置しても良く、この列を更に複数列配置しても良い。図 1 に示す例においては第 1 端面 2 から 1 列に L_1 、 L_2 、 L_N ずつ離れて N 個配置し、これを 3 列配置した例を示している。

【0040】

複数個の歪ゲージを用いる際には、各ゲージの出力信号を演算装置としてのパソコン 26 に入れ、これを信号処理して代表位置でのゲージ出力の周波数特性を求め、予め求めておいた補正関数を用いてレーザ干渉計 24 で計測した結果と同等の結果が得られるようにする。なお、上記実施例においては、レーザ干渉計 24 と歪ゲージ 25 を用いた例を示しているが、いずれか片方のみでも本発明を実施することができる。

【0041】

上記のような校正からなる加速度センサの校正評価装置を用い、実際に校正評価を行う際には、下記のような理論によって正確な校正評価を行うことができる。即ち、直径に比較して十分長い金属棒の端面に飛翔体を衝突させることにより衝撃を加えると金属棒の内部に弾性波パルスが発生して伝播するが、端面に到達し反射する過程で、縦波弾性波の伝播速度 (C)、入射弾性波パルスの歪速度

【数 1】

$$\dot{\varepsilon}(t)$$

の積の 2 倍の加速度

【数 2】

$$a(t) = 2C\dot{\varepsilon}(t)$$

で棒端面は運動する。

【0042】

多重発射管 n ($n = 1 \cdots N$) の場合には、発射管 n によって発生する入射弾性波パルスの歪を ε_n とすると、弾性波には重ね合わせの原理が成立するので次式が成立する。なお、 \cdot は、時間に関する微分を表す。

【数 3】

$$a(t) = 2C \sum_{n=1}^N \dot{\varepsilon}_n(t) \quad (1)$$

【0043】

実際には、歪ゲージを丸棒端面と棒側面の境界に貼ることは不可能なので、丸棒の衝撃端面から、 L_n ($n = 1 \cdots N$) だけ離れた位置に貼られていると仮定する。また、棒の軸方向の複数位置に貼り付けたゲージの代表位置を L_1 とする。この場合、各 L_n ($n = 1 \cdots N$) の位置において、加速度センサを取りつけた端面への入射波と、反射波は分離して観察されなければならない。

【0044】

さて、弾性波の伝播理論から衝撃端面から十分離れた丸棒断面での弾性波パルスの歪は平面波となるため、衝撃端面からの距離と時間（で飛翔体の衝突が始まるとする）で解析的に表すことが可能である。そこで、平面波としての丸棒内部の歪 ($\varepsilon(z, t)$) を次式で表すことにする。

【数 4】

$$\varepsilon(z, t) = F(z, t)$$

(

2)

但し、 $F(z, t)$ は次のように表される。（スカラク (Skalak) の解の一次項）

【数 5】

$$F(z, t) = \varepsilon_t(t, z) - \varepsilon_t\left(t - \frac{2l_p}{C_p}\right)$$

(3)

但し、ここで、

t : 時刻

l_p : 飛翔体の長さ

C_p : 飛翔体の中の縦波弾性波の伝播速度

$\varepsilon_t(t, z)$: スカラケの解析解の一次項

【0045】

【数6】

$$\varepsilon_t(t, z) = \frac{V_1}{\pi C_a} \left[\int_0^\infty \frac{\sin(\alpha_1 \eta + \eta^3/3)}{\eta} d\eta + \int_0^\infty \frac{\sin(\alpha_2 \eta + \eta^3/3)}{\eta} d\eta \right] \quad (4)$$

【数7】

$$\alpha_1 = \frac{Z - C_a t}{\left[\frac{3}{16} v^2 D_a^2 C_a t \right]^{1/3}} \quad (5)$$

【数8】

$$\alpha_2 = \frac{-Z - C_a t}{\left[\frac{3}{16} v^2 D_a^2 C_a t \right]^{1/3}} \quad (6)$$

ただしここで、

V_1 : 飛翔体の衝突速度

t : 衝突後の経過時間

v : ポアソン比

D_a : 金属棒の直径

z : 金属棒の軸方向の座標

【0046】

次に、多数の歪ゲージを用いて感度と耐雑音性を上げるために、以下の手順を採用する。位置 L_n ($n=1 \dots N$) における複数個のゲージ出力の断面での平均値を、 $\varepsilon_{L_n}(t)$ ($t=0$ は衝突開始時間) とする。波動伝播に時間がかかり、位置 L_n ($n=1 \dots N$) における歪ゲージの出力信号は同相ではないので、以下の手順により (3) 式を用いて代表位置 L_1 に貼ってあるゲージの出力と等価な出力に変換することができる。

【数 9】

$$\varepsilon_n^e(t) = L^{-1} \left[L[\varepsilon_{L_n}(t)] \frac{L[F(L_1, t - \frac{(L_n - L_1)}{C})]}{L[F(L_n, t)]} \right] \quad (n = 2 \dots N) \quad (7)$$

ここで、

【数 10】

$$\varepsilon_r(L_1, t)$$

は、ラプラス演算子、逆ラプラス演算子である。

【0047】

したがって、代表位置における弾性波パルスの歪 $\varepsilon_r(L_1, t)$ は以下の式で表される。

【数 11】

$$\varepsilon_r(L_1, t) = \varepsilon_{L_1}(L_1, t) + \sum_{n=2}^N \varepsilon_n^e(t) \quad (8)$$

【0048】

複数の歪ゲージを用い出力信号の加算平均を計算することにより、ノイズの影響を減らし微小動的歪の計測すなわち低ピーク加速度の計測が可能になる。

【0049】

上記、代表位置から加速度センサ取り付け端面までの弾性波パルスの伝播による弾性波動の分散、減衰などは考慮しない。そこで、複数個の歪ゲージの代表位置から加速度センサ取り付け端面までの距離は、 $L - L_1$ であるから、 $\varepsilon_r(L_1, t)$ を用いると加速度センサ取り付け端面に発生する加速度 $a(t)$ は次式で表される。

【数 1 2】

$$a(t) = 2C\dot{\varepsilon}_r\left(L_1, t - \frac{L - L_1}{C}\right) \quad (9)$$

【0050】

上記において、ゲージの周波数応答を無視する場合には、前記(9)式に示される加速度センサへの入力信号と加速度センサの出力信号($a_{out}(t)$)を周波数領域で比較すると、(10)式で示す加速度センサの周波数特性を求めることができる。

【数 1 3】

$$\frac{L[a_{out}(t)]}{2Cj\omega L[\varepsilon_r(L_1, t - \frac{L - L_1}{C})]} \quad (10)$$

【0051】

また、前記(9)式で求められた代表位置における歪ゲージ出力信号に対して(3)式を適用して加速度センサ取り付け端面に入射する弾性波パルスの歪

【数 1 4】

$$\dot{\varepsilon}_{rIT}(t)$$

を求める。そのためには、次式を用いる。

【数 15】

$$\frac{L[\varepsilon_{iT}(t)]}{L[\varepsilon_r(t)]} = \frac{L[F(L,t)]}{L[F(L_1,t)]}$$

(11)

【0052】

上記(11)式より端面の運動加速度が求まるので、次式にしたがって加速度センサの周波数応答が求まる。

【数 16】

$$\frac{L[a_{out}(t)]}{2Cj\omega L[\varepsilon_{iT}(t)]}$$

(12)

【0053】

また、レーザ干渉計を用いる際には、加速度センサを取り付けた棒端面の運動速度($v_{iL}(t)$)が測定でき、(13)式より加速度センサの周波数応答は求められる。

【数 17】

$$\frac{L[a_{out}(t)]}{L\left[\frac{dv_{iL}(t)}{dt}\right]} = \frac{2j\omega L[a_{out}(t)]}{L[v_{iL}(t)]}$$

(13)

【0054】

また、レーザ干渉計で計測した棒端面の運動速度($v_L(t)$)と端面に入射する弾性波パルスの歪($\varepsilon_{iL}(t)$)との間には、次式が成立することを利用する。

【数 18】

$$v_L(t) = 2C \varepsilon_{iL}(t)$$

(14)

【0055】

上記(14)式から求められる入射弾性波パルスの歪($\varepsilon_{iL}(t)$)と代表位置における歪信号を周波数領域で比較して求められる(15)式の補正関数($G_{CL}(j\omega)$)を、(10)式にかけることによって加速度センサの伝達関数が求められる。

【数 19】

$$G_{CL}(j\omega) = \frac{L \left[\varepsilon_r \left(L_1, t - \frac{L-L_1}{C} \right) \right]}{L [\varepsilon_{iL}(t)]}$$

(15)

【0056】

なお、金属丸棒端面に金属球を接触させる形式で取り付け、その球に対して同心円状の多重の発射管から、発射タイミングを精密に制御した飛翔体を発射させて、棒内部に弾性波パルスを発生させると、より正確な加速度センサの校正評価をおこなうことができる。

【0057】

【発明の効果】

本発明は上記のように構成したので、衝撃加速度発生において、衝撃加速度の周波数帯域を制御することが可能になる。飛翔体の単独発射、特にアルミなどの金属だけで製作された飛翔体の単独発射の場合と比較すると、10倍以上弾性波パルスの継続時間を長くすることが可能になる。これにより、計測標準としての衝撃加速度の有用性が増加する。また、従来の振動台による加速度センサ校正可能領域と衝撃加速度による加速度センサ校正可能領域が重なりあう領域を広げることにも可能になる。

【0058】

更に、加速度センサの評価においては、入射衝撃加速度の周波数成分に共振周波数を励起する成分がどの程度含まれるかで、加速度センサの構造によって周波数特性が異なることがありえるが、本発明によって加速度センサの周波数特性の入力加速度周波数帯域依存特性を明らかにすることが出来る。

【0059】

また、本発明においては、振動台を用いた加速度センサの校正よりも寄生横振動の影響の少ない、したがって結果としては振動台を用いた加速度センサの校正よりも正確な加速度センサの校正が可能になる。一次元振動台の寄生横振動自体も周波数依存特性をもっているが、通常は無視されているが本来は考慮しなければならないものであり、本発明においてはこのような問題を生じることがない。

【0060】

更に、個々の飛翔体を単独で発射して得られる衝撃加速度波形、ひずみ波形などのデータおよび、複数個の飛翔体発射のタイミングを制御して得られる衝撃加速度波形、ひずみ波形などのデータを、飛翔体の構造、飛翔体の形状、飛翔体の発射条件、複数個飛翔体相互の発射タイミングをパラメータにしてデータベース化することによって、衝撃加速度を柔軟に発生させることができる。

【0061】

更に、衝撃加速度計測用の加速度センサにおいて、共振周波数との関連で、その周波数特性が不明確、かつ計測可能な周波数帯域や上限周波数が不明確な状態において、本発明によって加速度センサの周波数特性の入力加速度周波数帯域依存特性を明らかにすることが出来ることから、衝撃加速度のピーク値計測の信頼性が向上する。

【0062】

また、歪ゲージを多数貼り付けたものにおいては、低衝撃加速度のピーク値の計測が可能になり、また、産業上広い応用分野が存在する周波数帯域での衝撃試験が可能になる。

【0063】

また、加速度センサが取り付けられている金属棒を丸棒としたものは軸対象であるので、発生する発生する加速度は極めて高い直線性を持っている。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施例のシステム構成を示す図である。

【図 2】

本発明で発生する加速度パルスは計の例を示す図である。

【符号の説明】

- 1 金属棒
- 2 第 1 端面
- 3 飛翔体
- 4 中心発射管
- 5 中間発射管
- 6 外側発射管
- 7 多重発射管
- 8 第 1 飛翔体
- 9 第 1 発射装置
- 10 第 2 飛翔体
- 11 第 2 発射装置
- 12 第 3 飛翔体
- 13 第 3 発射装置
- 14 発射装置
- 15 弁開閉制御装置
- 16 第 1 弁
- 17 第 1 高圧空気源
- 18 第 2 弁
- 19 第 2 高圧空気源
- 20 第 3 弁
- 21 第 3 高圧空気源
- 22 外側発射管
- 23 加速度センサ

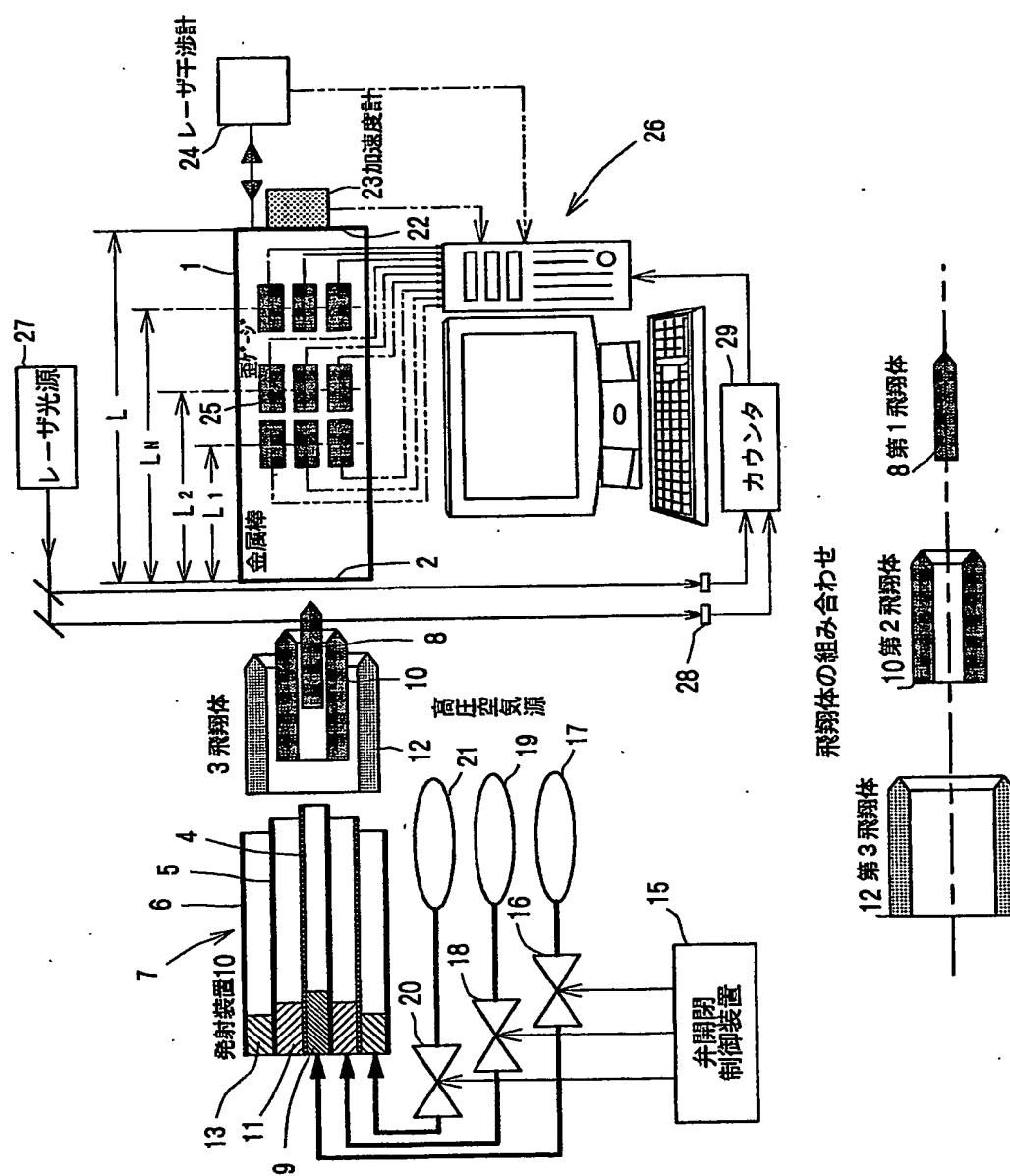
2 4 レーザ干渉計

2 5 歪ゲージ

2 6 パソコン

【書類名】 図面

【図 1】

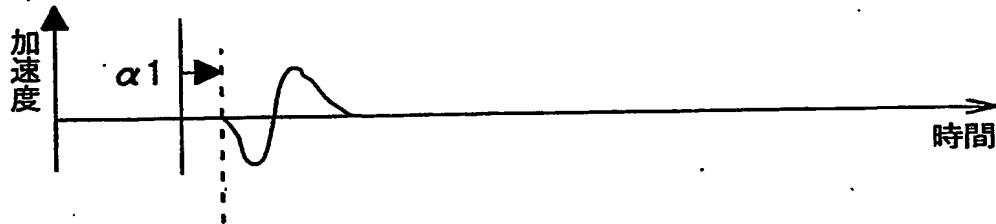


【図 2】

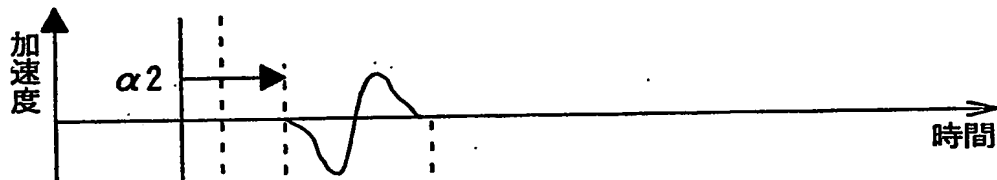
(a) 第1 飛翔体のみで発生する歪ゲージにより計測された衝撃加速度



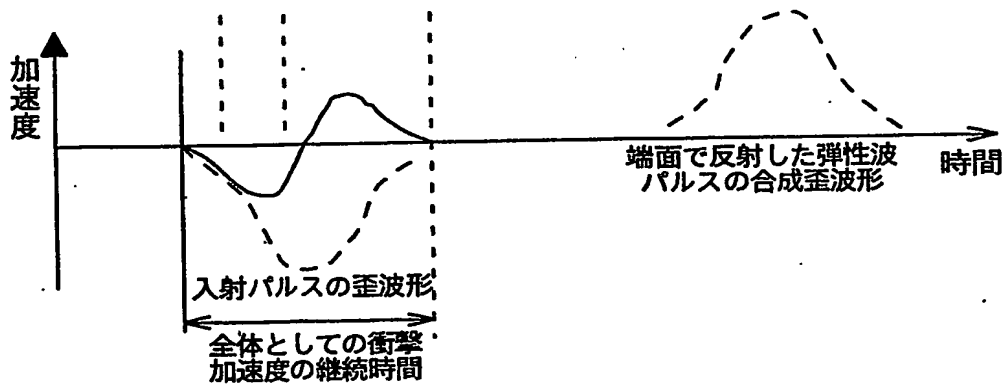
(b) 第2 飛翔体のみで発生する歪ゲージにより計測された衝撃加速度



(c) 第3 飛翔体のみで発生する歪ゲージにより計測された衝撃加速度



(d) 飛翔体の発射タイミングを制御して重ね合わせにより全体として発生する歪ゲージにより計測された衝撃加速度



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来の加速度センサの校正は、一次元振動台に加速度センサを固定し、振動台の運動をレーザ干渉計で測定していたが、寄生横振動が存在し校正が不正確になる。また、金属棒に1個の飛翔体を衝突させるものでは衝撃加速度の周波数帯域が狭すぎた。

【解決手段】 金属棒1の第1端面2に衝突させる飛翔体3を複数備え、各々の発射装置11を弁開閉制御装置15により所定時間間隔で作動させ、金属棒1内に発生させる衝撃加速度の周波数帯域を制御する。この衝撃加速度を第2端面22に設けた校正対象の加速度センサ23で計測し、その値と、レーザ干渉計24の出力、或いは金属棒1の側面に貼り付けた歪ゲージ25の出力信号により本来の加速度センサ23の出力を演算し、両者を比較して校正を行う。歪ゲージを複数用いても良く、レーザ干渉計の信号により補正することもできる。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-097189
受付番号	50200461138
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成14年 4月 1日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成14年 3月29日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [301021533]

1. 変更年月日	2001年 4月 2日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区霞が関1-3-1
氏 名	独立行政法人産業技術総合研究所